

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002164575 A**

(43) Date of publication of application: **07.06.02**

(51) Int. Cl

**H01L 33/00**  
**H01L 29/43**

(21) Application number: **2000359324**

(71) Applicant: **NICHIA CHEM IND LTD**

(22) Date of filing: **27.11.00**

(72) Inventor: **SANO MASAHIKO**

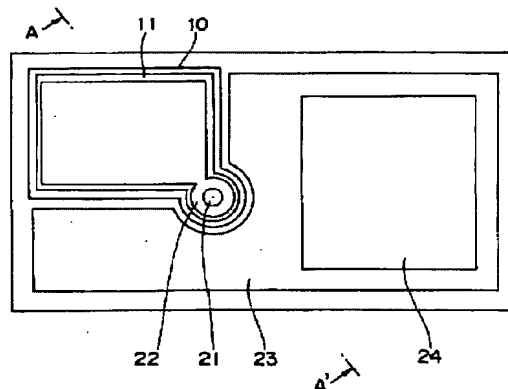
**(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light emitting diode for obtaining a light emission of a single mode with a small spot size capable of being used for a color laser printer, a virtual reality or the like.

**SOLUTION:** The light emitting diode comprises a p-type layer formed of a p-type gallium nitride compound semiconductor layer on an active layer made of a gallium nitride compound semiconductor layer. The diode further comprises an insulating film having an opening opened at a part of an upper surface of the p-type layer and covering the p-type layer, and a transparent electrode formed in ohmic contact with the p-type layer through the opening.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-164575

(P2002-164575A)

(43) 公開日 平成14年6月7日 (2002. 6. 7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 33/00

29/43

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

29/46

テ-マコ-ト\* (参考)

E 4 M 1 0 4

C 5 F 0 4 1

H

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-359324 (P2000-359324)

(22) 出願日 平成12年11月27日 (2000. 11. 27)

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 佐野 雅彦

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(74) 代理人 100074354

弁理士 豊栖 康弘 (外1名)

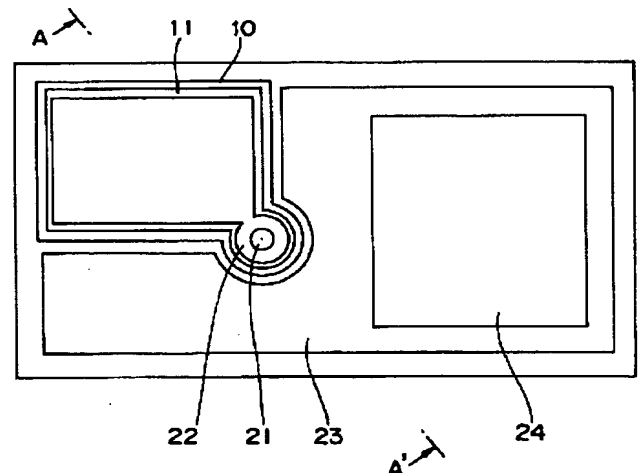
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 カラーレーザプリンターやバーチャルリアリティーなどに用いることができる、スポットサイズが小さくかつ単一モードの発光が得られる発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 窒化ガリウム系化合物半導体層からなる活性層の上に p 型窒化ガリウム系化合物半導体層からなる p 層を備えた発光ダイオードにおいて、p 層の上面の一部を開口させる開口部を有する絶縁膜を p 層を覆うように形成し、かつ開口部を介して p 層とオーミック接触する透明電極を形成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 窒化ガリウム系化合物半導体層からなる活性層の上に p 型窒化ガリウム系化合物半導体層からなる p 層を備えた発光ダイオードにおいて、上記 p 層の上面の一部を開口させる開口部を有する絶縁膜が、上記 p 層を覆うように形成され、かつ上記開口部を介して上記 p 層とオーミック接触する透明電極が形成されたことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】 上記絶縁膜の上にさらに、光を遮断する不透光膜が形成された請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】 上記 p 層の一部に凸部が形成され、かつ上記開口部が上記凸部の上面を開口させるように形成された請求項 1 又は 2 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】 上記絶縁膜の上に又は上記不透光膜上に、上記透明電極に接続された p パッド電極が形成された請求項 1～3 のうちのいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】 上記活性層及び該活性層上に形成された p 層は、基板上に形成された n 型窒化ガリウム系化合物半導体層からなる n 層の一部の上に設けられ、その一部を除く n 層の上に該 n 層にオーミック接触する n 電極が形成された請求項 1～4 のうちのいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6】 上記 n 電極は上記透明電極を周りを囲むように形成された請求項 5 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】 上記基板の下面に反射膜が形成された請求項 5 又は 6 記載の窒化物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化物半導体 ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) よりなる発光ダイオード、特に微小光源として利用可能な窒化物半導体発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、青色又は緑色の発光が可能な窒化物半導体発光ダイオード (発光素子) が大型ディスプレイなどの光源として実用化されている。しかしながら、これらの大型ディスプレイ用に実用化された発光ダイオードは、例えば、バーチャル・リアリティーなどを対象とした微小光源として用いる場合、光の広がりが大きく特性的に十分満足できるものではない。

【0003】 そこで、微小光源としては、端面から光を放射する端面発光型の発光ダイオードが検討されている。この端面発光型の発光ダイオードは、通常、発光層をワイドバンドギャップの p 型及び n 型半導体層で挟んだ半導体レーザ素子と同様の基本構造を有しており、窒化物半導体端面発光型発光ダイオードでは、 $\text{AlGaIn}/\text{GaIn}/\text{InGaIn}$  分離閉じ込め型ヘテロ構造 (SC

H) が用いられている。さらにこの端面発光型の発光ダイオードでは、発光層がストライプ状に形成され、そのストライプ形状の端面に露出された発光層から光を放出させる構造になっており、これによりスポットサイズの小さい発光を可能にしている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の端面発光型発光ダイオードは、スポットサイズの小さい光は得られるものの、発光層の端面だけではなく、発光層より基板側に積層された n 型半導体層の端面からも光が放出されるために、多モードの発光となり、ニアフィールドが十分良好な単一スポットが得られないという問題点があった。このために、従来の端面発光型発光ダイオードの発光は単一モードではないために、単一モードの光を必要とする光情報処理分野などの微小光源としては用いることができなかった。

【0005】 そこで、本発明は、カラーレーザプリンターやバーチャルリアリティーなどに用いることができる、スポットサイズが小さくかつ単一モードの発光が得られる発光ダイオードを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 以上の目的を達成するために、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、窒化ガリウム系化合物半導体層からなる活性層の上に p 型窒化ガリウム系化合物半導体層からなる p 層を備えた発光ダイオードにおいて、上記 p 層の上面の一部を開口させる開口部を有する絶縁膜が、上記 p 層を覆うように形成され、かつ上記開口部を介して上記 p 層とオーミック接触する透明電極が形成されたことを特徴とする。このように構成された本発明に係る窒化物半導体発光素子は、上記透明電極を介して上記開口部直下に位置する活性層に集中して電流を中入することができ、これにより、上記開口部直下の活性層のみで発光させることができ、かつその発光した光を上記開口部を介して、該開口部の形状に対応したスポット径の光を出射することができる。また、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、上記開口部直下の活性層で発光した光が上記 p 層を厚さ方向に伝播して外部に出力されるので、端面発光素子に比較して p 層内を伝播する距離を極めて短くでき、単一モード発光が可能である。

【0007】 また、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記絶縁膜の上にさらに、光を遮断する不透光膜が形成されることが好ましい。

【0008】 また、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記 p 層の一部に凸部が形成され、かつ上記開口部が上記凸部の上面を開口させるように形成されることが好ましく、これにより、上記開口部の直下の活性層により集中して電流を注入することができかつ発光した光をより集光させて出射することができるので、発光出力をより高くすることができる。

【0009】また、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記絶縁膜の上に又は上記不透光膜上に、上記透明電極に接続されたpパッド電極が形成されていてもよい。

【0010】さらに、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、上記活性層及び該活性層上に形成されたp層を基板上に形成されたn型窒化ガリウム系化合物半導体層からなるn層の一部の上に設けるようにし、その一部を除くn層の上に該n層にオーミック接触するn電極を形成するようにして構成でき、この場合、均一な発光をさせるように、上記n電極は上記透明電極を周りを囲むように形成することが好ましい。

【0011】またさらに、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記基板の下面に反射膜が形成されていることが好ましく、このようにするとより効果的に発光した光を出力することができる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明に係る実施の形態の微小光源用の発光ダイオードについて説明する。図1は本実施の形態の発光ダイオードの平面図であり、図2は図1のA-A'線についての断面図である。本実施の形態の発光ダイオードは、基板1上にバッファ層2を介して形成された1又は2以上の窒化ガリウム系化合物半導体層からなるn層101と、そのn層101の上に形成された活性層7と1又は2以上の窒化ガリウム系化合物半導体層からなるp層102とを有する発光ダイオードであって、以下のように構成されたことを特徴としている。

【0013】すなわち、本実施の形態の発光ダイオードでは、p層102の上面の一部を開口させる開口部10aを有する絶縁膜10を、上記p層102を実質的に覆うように形成する。そして、絶縁膜10に形成された開口部10aを介してp層102とオーミック接触する透明電極21を形成する。このように構成することにより、本実施の形態の発光素子では、開口部10aを介して透明電極21から開口部10aの直下に位置する活性層7に集中して電流を注入することができ、電流が注入された開口部10aの直下の活性層及びその近傍のみで発光させることができる。また、本実施の形態の発光ダイオードでは、開口部10aを介してp層102とオーミック接触するp側のオーミック電極として透明電極21を用いているので、開口部10aの直下の活性層及びその近傍で発光した光を透明電極21を介して出射することができる。

【0014】ここで、本発明において、開口部10aの径は、要求されるスポット径に対応して任意に設定することができるが、良好な単一モードの光を得るために、好ましくは0.5μm以上、20μm以下に設定する。

【0015】以上のように本実施の形態の発光素子では、開口部10aを有する絶縁膜10により活性層7の

一部に制限して電流を注入し、かつ開口部10aの直下の活性層及びその近傍で発光した光を開口部10aを介して出射しているため、その開口部10aの形状に応じたスポットサイズの光を出射することができる。また、従来の端面発光型の発光ダイオードでは、例えば、活性層の端面から離れた位置で発光された光は活性層を面に広がるように導波されて出射されるので、単一モードの光を得ることが困難であるが、本実施の形態の発光素子では、活性層7で発光した光をp層102の厚さ方向に出射しているため、活性層7で発光された光はp層内を実質的に導波することなく外部に出射され、単一モードの光を得ることができる。

【0016】また、本実施の形態の発光ダイオードでは、より好ましい形態として、図2に示すようにp層102において円柱形状の凸部30を形成し、その凸部30の上面を開口するように開口部10aを形成して、その凸部30の上面にオーミック接触するように透明電極21を形成している。これにより、凸部30を形成していない場合に比較して、開口部10aの直下の活性層7の一部により集中して電流を注入することができかつ発光した光をより集光させて出射することができるので、発光出力をより高くすることができる。尚、本実施の形態では、p層102はp側多層膜層8とp型コンタクト層9とによって構成し、凸部30は、その周りのp層102をp側多層膜層8の途中までエッチングすることにより形成している。

【0017】さらに、本実施の形態の発光ダイオードでは、より好ましい形態として、絶縁膜10の上にさらに、光を遮断する不透光膜11を形成して、発光した光が開口部10a以外の部分から漏れるのを防止している。また、本実施の形態の発光ダイオードでは、さらに好ましい形態として、基板1の下面に反射膜12を形成して、発光した光をより効率的に開口部10aを介して出力できるように構成している。

【0018】次に、本実施の形態の発光ダイオードの詳細な構成及びその製造方法について説明する。本製造方法では、例えばサファイアからなる基板1のC面上に、バッファ層2を成長させ、そのバッファ層2の上にアンドープGaN層3を成長させる。このバッファ層2は窒化ガリウム系化合物半導体とは異なる材料からなる基板1と窒化ガリウム系化合物半導体との間の緩衝層であり、好ましくは、良好な緩衝効果が得られる比較的低温で成長されたGaNを用いて形成する。また、アンドープGaN層3は、その上に成長させるn型又はp型の窒化ガリウム系化合物半導体層を結晶性良く成長させるために形成するものであり、通常、バッファ層2より高い温度で成長させる。

【0019】次に、アンドープGaN層3の上にn型コンタクト層4を成長させる。このn型コンタクト層4は、n電極を形成するための層であり、n電極と良好な

オーミック接触を得るために、好ましくは、Si ドープの GaN で形成する。そして、n 型コンタクト層 4 の上に n 側のクラッド層を成長させる。本実施の形態の発光ダイオードでは、好ましい形態として、静電耐圧を向上させることができる、アンドープ GaN 層、Si をドープした GaN 層及びアンドープ GaN 層の 3 層からなる n 側第 1 多層膜層 5 を用いて n 側のクラッド層を構成している。

【0020】次に、本実施の形態の発光素子では、好ましい形態として、後で成長させる活性層を結晶性よく成長させるために、アンドープ GaN 層とアンドープ In GaN 層からなる超格子構造の多層膜である n 側第 2 多層膜層 6 を成長させる。そして、n 側第 2 多層膜層 6 の上に、窒化ガリウム系化合物半導体からなる活性層 7 を成長させる。活性層 7 は、In GaN 層又は In GaN 層を含んで構成することが好ましく、より好ましくは、In GaN 井戸層を含む単一又は多重量子井戸構造とすることが好ましい。尚、In GaN 井戸層を含む単一又は多重量子井戸構造とする場合、その障壁層は、井戸層より In の比率の少ない In GaN 又は GaN で構成することが

【0021】次に、活性層 7 の上に p 側のクラッド層を成長させる。本実施の形態の発光ダイオードでは、好ましい形態として、p 側のクラッド層は、Mg をドープした p 型 Al GaN 層と Mg をドープした In GaN 層からなる超格子構造の p 側多層膜層 8 により構成している。続いて、Mg をドープした p 型 GaN よりなる p 型コンタクト層 8 を成長させる。

【0022】以上のように各半導体層を成長させた後、発光部分を含む一部分（以下、pn 積層部という。）を残して n 側コンタクト層 4 が露出するまで（n 側コンタクト層 4 の途中まで）エッチングをする。ここで、本実施の形態の発光素子において、図 1 に示すように、pn 積層部は円柱形状の発光部とその発光部が 1 つの隅に連結された p パッド電極形成部とからなる。尚、発光部は円柱形状に限られるものではなく、例えば、方形柱形状などでもよいが、発光部が形成される位置は図 1 に示すように基板の略中央部であることが好ましい。

【0023】続いて、発光部に円柱形状の凸部 30 が形成されるように、発光部において凸部 30 以外の部分を p 側多層膜層 8 の途中までエッチングする。次に、凸部 30 の上面を除いて pn 積層部全体を覆うように絶縁膜 10 を形成し、その絶縁膜 10 の上に不透光膜 11 を形成する。ここで、絶縁膜 10 は、電気絶縁材料であれば用いることができ、例えば、ZrO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、SiN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、HfO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>などの種々の材料を用いて形成することができ、その膜厚は好ましくは 50~5000 Å の範囲に設定する。

【0024】不透光膜 11 は、光を透過しないような膜

であれば使用できるが、好ましくは、Rh、RhO、Ni、Cr、RuO、Cuなどの金属やそれらの金属酸化物を用いて構成し、その膜厚は、好ましくは、50~1000 Å の範囲、より好ましく 200~1000 Å の範囲に設定する。

【0025】次に、凸部 30 の上面とオーミック接触する透明電極 21 を形成する。透明電極 21 は、p 型窒化物半導体層とオーミック接触可能な材料である Au、Pt、Ni、Al、W、In、Cu、Ag、Ir、Pd、Rh、Ti、Co、Sn、Pb等の金属又はそれらの 2 種以上の合金又はそれらの金属酸化物を単一層もしくは多層として構成することができ、これらの膜厚を 0.001~1 μm に調整することで透明電極とする。尚、透明電極 21 として、好ましくは、次の (1)~(5) ような材料が挙げられる。

(1) Ni (80 Å) / Au (40~160 Å)

(2) Pd (40 Å) / Au (40 Å)

(3) Pd (30 Å) / Pt (30 Å) / Au (20 Å)

(4) Ni (20~80 Å) / ITO (100~2000 Å)

(5) Ni (20~80 Å) / Au (10~50 Å) / ITO (100~2000 Å)

【0026】次に、n 型コンタクト層 4 上に n 型コンタクト層 4 とオーミック接触する n 電極 23 を pn 積層部から離れて形成する。ここで、n 電極 23 は、少なくとも発光部を取り囲むように形成することが好ましく、これにより、透明電極 21 と n 電極間における抵抗を低くでき、発光効率を高くできる。また、n 電極 23 を発光部の周りに形成することにより、活性層の発光部分にほぼ均一に電流を注入することができ、均一な発光が可能になる。また、n 電極 23 としては、n 型コンタクト層 4 とオーミック接触が可能な電極材料であれば特に限定されないが、例えば、Ti、Al、Ni、Au、W、V 等から選ばれる 1 種以上の金属材料を選択することができ、好ましくは、Ti/Al、W/Al/W/Au、W/Al/W/Pt/Au のような積層構造とする。また、n 電極 23 の膜厚は、好ましくは、2000 Å~5 μm の範囲、より好ましくは 5000 Å~1.5 μm の範囲に設定する。

【0027】次に、図 1 等 に示すように、透明電極 21 に接続された p パッド電極 22 を不透光膜 11 の上に形成し、n 電極 23 上の一部に n パッド電極 24 を形成する。この p 及び n パッド電極としては、ワイヤー及び p (n) 電極と接着性が良いものであれば特に限定されないが、好ましくは、次の材料から選択された第 1 層 / 第 3 層の 2 層構造又は、第 1 層 / 第 2 層 / 第 3 層の 3 層の積層構造とする。

(1) 第 1 層目：Ni、Cu、Rh、Ru から選ばれる少なくとも一種、

(2) 第 2 層目：Ti、W、Pt、Ta、Mo から選ばれる少なくとも一種、

(3) 第3層目: Au。

より好ましくは、Ni/Ti/Au、Ni/Au、Cu/Pt/Au、Ni/Pt/Auとし、その膜厚は、 $1000\text{Å} \sim 3\mu\text{m}$ に設定する。

【0028】以上のように構成された実施の形態の発光素子は、開口部10aを有する絶縁膜10により活性層7の一部に制限して電流を注入することができ、その電流が注入された開口部10aの直下の活性層及びその近傍のみで発光させることができるので、効率良く発光させることができる。また、その制限された領域で発光された光を開口部10aを介して出射しているの、その開口部10aの形状に応じたスポットサイズの単一モードの光を出射することができる。

【0029】変形例。以下、本発明に係る変形例について説明する。図3は本発明に係る変形例の発光ダイオードの構成を示す断面図である。この変形例の発光ダイオードは、実施の形態の発光ダイオードにおいて、p層102に凸部30を形成することなく構成した以外は、実施の形態の発光ダイオードと同様に構成される。以上のように構成された変形例の発光ダイオードにおいても、開口部10aを有する絶縁膜10により活性層7の一部に制限して電流を注入することができるので、効率良く発光させることができ、また、その制限された領域で発光された光を開口部10aを介して出射しているの、その開口部10aの形状に応じたスポットサイズの単一モードの光を出射することができる。

【0030】

【実施例】以下、本発明に係る実施例について説明する。尚、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

実施例1。

(基板1) サファイア(C面)よりなる基板をMOVPEの反応容器内にセットし、水素を流しながら、基板の温度を $1050^\circ\text{C}$ まで上昇させ、基板のクリーニングを行う。

【0031】(バッファ層2) 続いて、基板温度を $510^\circ\text{C}$ まで下げ、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG(トリメチルガリウム)とを用い、基板1上にGaNよりなるバッファ層2を約200オングストロームの膜厚で成長させる。

(アンドープGaN層3) バッファ層2成長後、TMGのみ止めて、温度を $1050^\circ\text{C}$ まで上昇させる。 $1050^\circ\text{C}$ になったら、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaN層3を $1\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。

【0032】(n型コンタクト層4) 続いて $1050^\circ\text{C}$ で、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガス、不純物ガスにシランガスを用い、Siを $4.5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなるn型コンタクト層を $3\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。

(n側第1多層膜層5) 次にシランガスのみを止め、 $1050^\circ\text{C}$ で、TMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaN層を3000オングストロームの膜厚で成長させ、続いて同温度にてシランガスを追加しSiを $4.5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたGaN層を300オングストロームの膜厚で成長させ、更に続いてシランガスのみを止め、同温度にてアンドープGaN層を50オングストロームの膜厚で成長させ、3層からなる総膜厚3350オングストロームのn側第1多層膜層5を成長させる。

10 【0033】(n側第2多層膜層6) 次に、同様の温度で、アンドープGaNよりなる第2の窒化物半導体層を40オングストローム成長させ、次に温度を $800^\circ\text{C}$ にして、TMG、TMI、アンモニアを用い、アンドープInGaNよりなる第1の窒化物半導体層を20オングストローム成長させる。これらの操作を繰り返し、第2の窒化物半導体層+第1の窒化物半導体層の順で交互に10層ずつ積層させ、最後にGaNよりなる第2の窒化物半導体層を40オングストローム成長させて形成される超格子構造の多層膜よりなるn側第2多層膜層6を640オングストロームの膜厚で成長させる。

20 【0034】(活性層7) 次に、アンドープGaNよりなる障壁層を250オングストロームの膜厚で成長させ、続いて温度を $800^\circ\text{C}$ にして、TMG、TMI、アンモニアを用いアンドープInGaNよりなる井戸層を30オングストロームの膜厚で成長させる。そして障壁+井戸+障壁+井戸・・・+障壁の順で障壁層を6層、井戸層5層交互に積層して、総膜厚1650オングストロームの多重量子井戸構造よりなる活性層7を成長させる。

30 【0035】(p側多層膜層8) 次に、温度 $1050^\circ\text{C}$ でTMG、TMA、アンモニア、 $\text{Cp}_2\text{Mg}$ (シクロペンタジエニルマグネシウム)を用い、Mgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドープしたp型AlGaNよりなる第3の窒化物半導体層を40オングストロームの膜厚で成長させ、続いて温度を $800^\circ\text{C}$ にして、TMG、TMI、アンモニア、 $\text{Cp}_2\text{Mg}$ を用いMgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドープしたInGaNよりなる第4の窒化物半導体層を25オングストロームの膜厚で成長させる。これらの操作を繰り返し、第3の窒化物半導体層+第4の窒化物半導体層の順で交互に5層ずつ積層し、最後に第3の窒化物半導体層を40オングストロームの膜厚で成長させた超格子構造の多層膜よりなるp型多層膜クラッド層8を365オングストロームの膜厚で成長させる。

40 【0036】(p型コンタクト層9) 続いて $1050^\circ\text{C}$ で、TMG、アンモニア、 $\text{Cp}_2\text{Mg}$ を用い、Mgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドープしたp型GaNよりなるp型コンタクト層8を700オングストロームの膜厚で成長させる。反応終了後、温度を室温まで下げ、さらに窒素雰囲気中、ウェーハを反応容器内において、 $700^\circ\text{C}$ でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。

【0037】次に、図1に示すように、pn積層部を残しn側コンタクト層4が露出するまでエッチングをし、続いて、円柱形状の凸部30が形成するために、pn積層部において凸部30以外の部分をp側多層膜層8の途中までエッチングする。ここで、本実施例1では、円柱形状の凸部30の径は、4 $\mu$ mに設定した。

(絶縁膜10、不透光膜11)次に、凸部30の上面に開口部10aを有し、凸部30の上面を除いてpn積層部全体を覆うようにZrO<sub>2</sub>からなる絶縁膜10を1000Åの厚さに形成し、その絶縁膜10の上にRhからなる不透光膜11を1000Åの厚さに形成する。

【0038】次に、Ni(80Å)/Au(150Å)からなり、凸部30の上面とオーミック接触する透明電極21を形成する。続いて、n型コンタクト層4上にW/Au(100Å)/Pt/Au(100Å)の4層構造からなりn型コンタクト層4とオーミック接触するn電極23を形成する。

【0039】次に、図1等に示すように、透明電極21に接続されたpパッド電極22を不透光膜11の上に形成し、n電極23上の一部にnパッド電極24を形成する。ここで、pパッド電極及びnパッド電極は、Ni(1000Å)/Ti(1000Å)/Au(8000Å)の3層構造とし

た。そして、最後に基板の下面にAlからなる反射膜を\*

	光出射部の直径	面積	電流	出力
実施例3	2 $\mu$ m	3 $\mu$ m <sup>2</sup>	2 $\mu$ A	0.36 $\mu$ W
実施例4	3 $\mu$ m	7 $\mu$ m <sup>2</sup>	3 $\mu$ A	0.84 $\mu$ W
実施例5	4 $\mu$ m	12 $\mu$ m <sup>2</sup>	4 $\mu$ A	1.44 $\mu$ W
比較例	光出射部を形成していないLED	50000 $\mu$ m <sup>2</sup>	20mA	6mW

尚、表1において、比較例として示す発光ダイオードは、絶縁膜10を形成することなく、p型コンタクト層のほぼ全面に透明電極を形成して評価したものである。表1から明らかなように、単位面積あたりの発光出力はほぼ同じになり、光出射部の面積と発光出力はほぼ比例する。

【0043】以上、実施の形態及び実施例により具体的に説明したように、本発明に係る発光ダイオードは、開口部10aを有する絶縁膜10により活性層の一部に制限して電流を注入して、注入された活性層の一部で発光させ、その発光した光を開口部に形成された透明電極を介して出力している。これにより、開口部の径(形状)に対応したスポット径の単一モードの光を出力することができる。従って、開口部の径(形状)を要求されるスポット径に対応させて設定することにより、所望のスポット径の単一モードの光を出力することができる。

【0044】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記p層の上面の一部を開口させる開口部を有する絶縁膜が、上記p層を覆う

\*スパッタリング法により3000Åの厚さに形成する。

【0040】以上のようにして作製された実施例1の発光ダイオードは、0.5mAの順方向電流下で、スポット径4 $\mu$ m、発光出力200 $\mu$ Wの単一モード発光が得られた。

【0041】実施例2. 本発明に係る実施例2の発光ダイオードは、実施例1の発光ダイオードにおいて、p層102に凸部を設けていない点が実施例1とは異なり、それ以外の点は実施例1と同様に構成される。尚、実施例2の発光ダイオードにおいて、絶縁膜10に形成された開口部10aは、実施例1と同様に直径4 $\mu$ mに形成される。すなわち、実施例2の発光ダイオードは、図3に示すように構成されている。以上のように構成された実施例2の発光ダイオードは、0.5mAの順方向電流下で、スポット径4 $\mu$ m、発光出力150 $\mu$ Wの単一モード発光が得られた。

【0042】以下、実施例2において、順次、光出射部(開口部10a)の直径を変化させた場合において、p電極とn電極間に3Vの電圧を印加した時の電流値と発光出力を、実施例3～5として表1に示す。

表1

ように形成され、かつ上記開口部を介して上記p層とオーミック接触する透明電極が形成されているので、上記透明電極を介して上記開口部直下に位置する活性層に集中して電流を中入することができ、上記開口部直下の活性層のみで発光させることができ、かつその発光した光を上記開口部を介して、該開口部の形状に対応したスポット径の単一モードの光を出射することができる。従って、本発明によれば、スポットサイズが小さくかつ単一モードの発光が得られる発光ダイオードを提供することができ、この発光ダイオードは、カラーレーザープリンターやバーチャルリアリティーなどに用いることができる

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る実施の形態の発光ダイオードの構成を示す平面図である。

【図2】 図1のA-A'線についての断面図である。

【図3】 本発明に係る変形例の発光ダイオードの構成を示す断面図である。

【符号の説明】

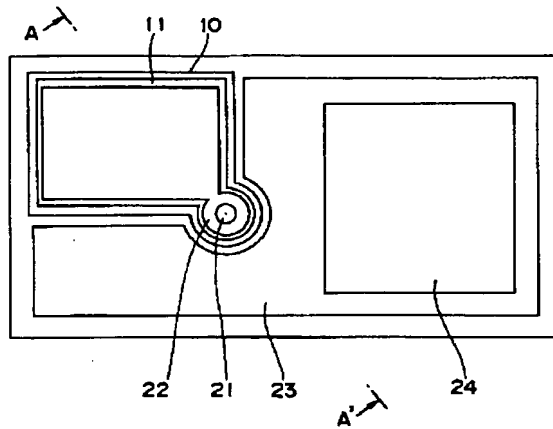
1…基板、

2…バッファ層、

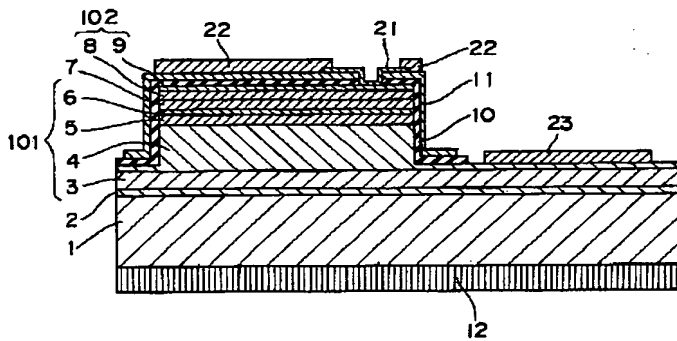
11

- 3…アンドープGa<sub>a</sub>N層、  
 4…n型コンタクト層、  
 5…n側第1多層膜層、  
 6…n側第2多層膜層、  
 7…活性層、  
 8…p側多層膜層、  
 9…p型コンタクト層、  
 10…絶縁膜、

【図1】



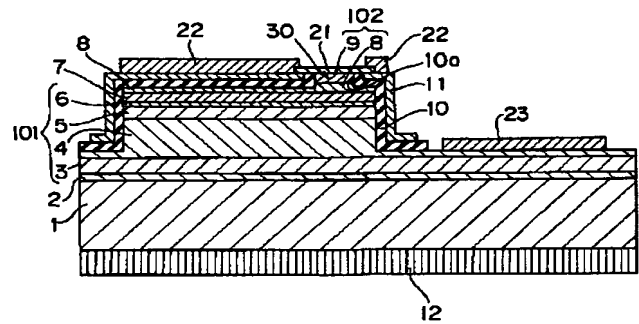
【図3】



12

- 10a…開口部、  
 11…不透光膜、  
 12…反射膜、  
 30…凸部、  
 21…透明電極、  
 22…pパッド電極  
 23…n電極、  
 24…nパッド電極。

【図2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M104 AA04 AA09 BB02 BB04 BB05  
 BB06 BB07 BB08 BB09 BB13  
 BB14 BB18 CC01 FF13 GG04  
 5F041 AA14 CA05 CA12 CA34 CA40  
 CA57 CA65 CA74 CA82 CA83  
 CA84 CA88 CA92 CB02 CB16  
 FF13